WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

Об одном математическом парадоксе и золотом слитке, полученном из ничего

А.К. ДЬЮДНИ

Ничто не возникает из ничего.
Лукреций

ПРИЗНАТЬСЯ, поначалу я не очень удивился, получив примерно год назад длинное послание, автор которого утверждал, что изобрел машину, производящую материю. Не секрет, что среди тех, кто пишет мне, нередко попадаются люди, утверждения которых выглядят, по меньшей мере, невероятными. Но поскольку наука должна быть свободна от предрассудков и терпимой к различным точкам зрения, я стараюсь не торопиться с выводами и читаю письма до конца.

Именно так я и поступил с этим письмом. Изобретатель основывал свое утверждение на известном в математике парадоксе Банаха—Тарского. Названный по имени двух польских математиков, открывших его в 20-е годы нашего столетия, этот парадокс показывает, каким образом при определенных условиях идеальное геометрическое тело можно разрезать на куски, из которых затем получить новое тело, вдвое больше исходного.

Написавший мне изобретатель оказался профессиональным математиком, автором многих научных публикаций. По причинам, которые вскоре станут понятными, он не хочет называть своего имени и попросил, чтобы я называл его Арло Липоф (Arlo Lipof*). Зная о парадоксе Банаха—Тарского, Липоф решил проанализировать возможность применения этого математического парадокса к физически реальным телам. Его исследования были щедро вознаграждены: он написал компьютерную программу, дающую точный рецепт, согласно которому физическое тело можно разрезать на много частей причудливой формы, а затем собрать их в тело вдвое большего размера, не содержащее никаких пустот между составными частями!

Очевидно, значение программы Липофа трудно переоценить. Чтобы объяснить сущность парадокса и то, каким образом он использовался в программе, лучше всего процитировать отрывок из письма, написанного самим Липофом.

«Парадокс напоминает известную головоломку с танграммами, маленькими кусочками бумаги, нарезанными в форме простых геометрических фигур. Из четырех таких фигурок можно собрать квадрат площадью 64 квадратных дюйма (примерно 413 см^2). Однако те же самые фигурки можно собрать в виде прямоугольника, имеющего бóльшую площадь, а именно 65 квадратных дюймов. Если вы не верите, что это возможно, вырежьте фигурки, показанные на моем рисунке [внизу (размеры указаны в дюймах)].

Если бы вместо кусочков бумаги у нас были кусочки золота, то, сложив из квадрата прямоугольник, мы бы приумножили свое богатство. Начнем, например, с золотого квадрата, скажем, со стороной 8 дюймов и толщиной 1 дюйм. Разрежем квадрат согласно рисунку слева. Если теперь из его фрагментов собрать геометрическое тело, показанное на рисунке справа, то появится лишний кубический дюйм золота, который весит приблизительно 4,3 унции (примерно 122 г) и по текущему курсу золота стоит около *1800* долл.».

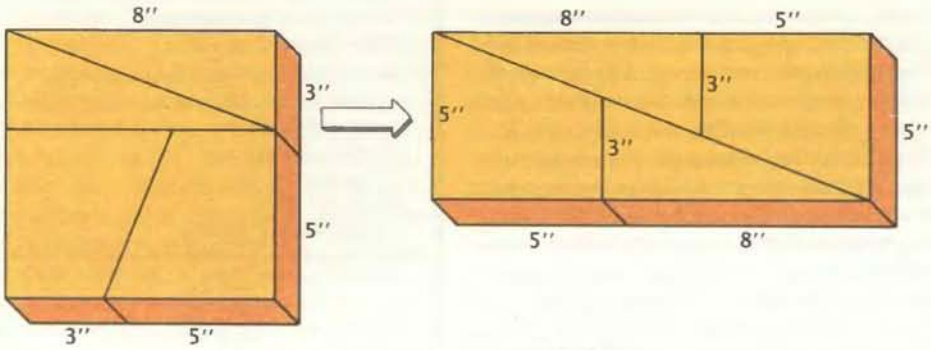
Далее Липоф признает — ощущение, будто мы получили нечто из ничего в приведенном примере, конечно, чисто иллюзорное. Однако, утверждает он, несмотря на то, что парадокс Банаха—Тарского «производит такое впечатление», теоретически в нем нет никакой ошибки. Парадокс Банаха—Тарского вполне реален — по крайней мере в математическом смысле.

Парадокс вытекает из доказанной теоремы, математическая формулировка которой, можно сказать, почти понятна: если A и B два произвольных ограниченных подмножества пространства R^3, каждое из которых имеет непустую внутренность, то A и B эквивалентно разложимы. Теорему можно изложить проще, если сначала представить себе два тела, практически любой формы и размера, удовлетворяющие двум условиям: каждое тело должно быть «ограниченным», т. е. таким, которое можно заключить в полую сферу определенного размера, и каждое тело должно иметь «непустую внутренность» — другими словами, где-то во внутренней части тела всегда можно найти сферу, целиком заполненную материалом, из которого состоит это тело.

Очевидно, два приведенных условия не очень строгие. В самом деле, практически любой мыслимый объект, не удовлетворяющий этим двум условиям, едва ли можно назвать телом в привычном понимании слова. Бесконечная прямая линия, например, нарушает оба критерия: она не ограничена и ее внутренность пуста в том смысле, что она вообще не имеет никакого внутреннего пространства. Аналогичным образом исключенным из рассмотрения будет и воображаемое облако точек, распространяющееся в бесконечность во всех направлениях, этот объект также вряд ли можно назвать телом.

Итак, согласно теореме, любые два таких ограниченных тела с непустой внутренностью должны быть «равно-

* Имя и фамилия составлены из букв английского выражения April Fool — первоапрельская шутка. — *Прим. ред.*



Как получить из ничего кубический дюйм золота

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

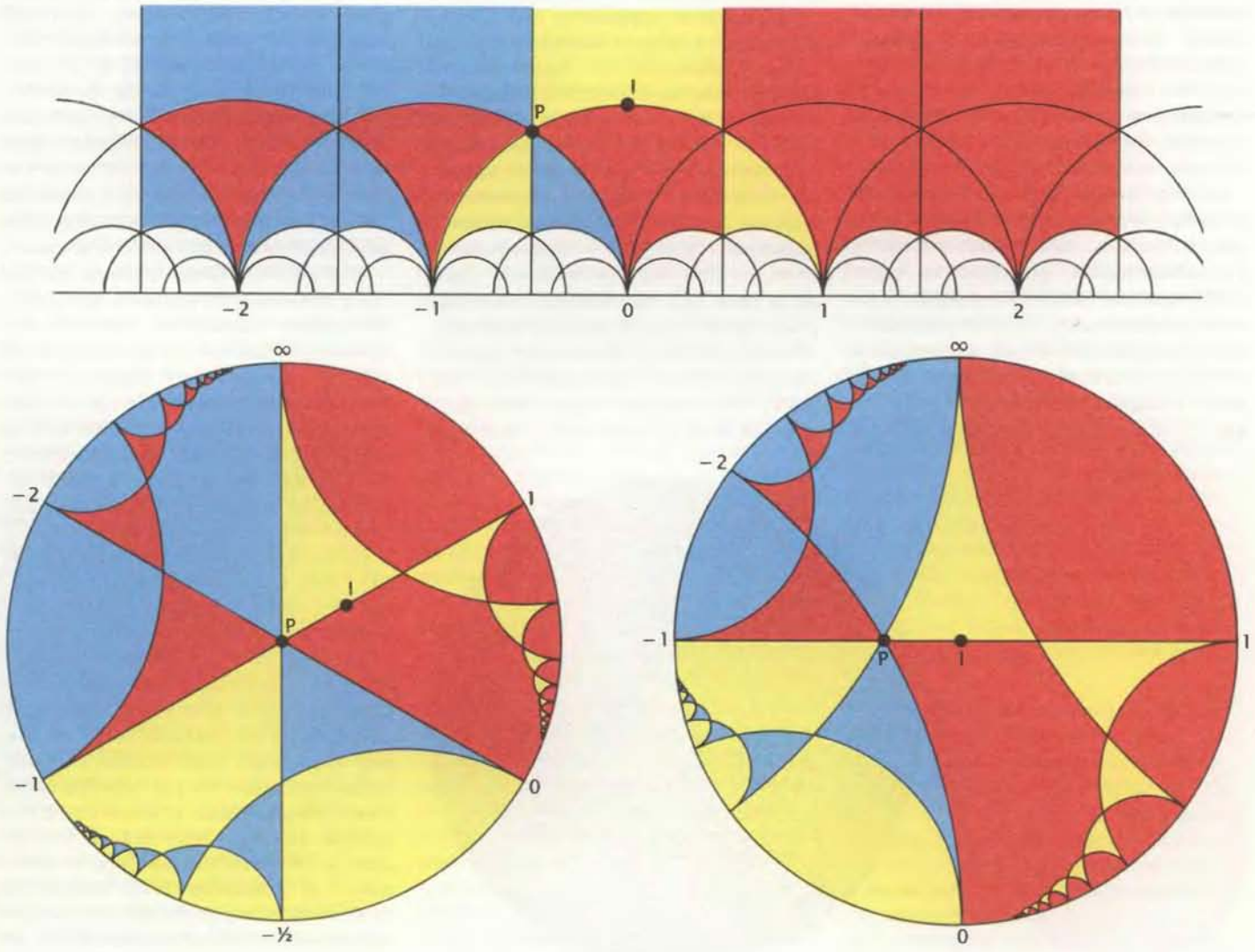
разложимыми». Это означает, что оба тела можно разрезать на конечное число частей, которые конгруэнтны в геометрическом смысле: часть одного тела можно сделать идентичной части другого тела просто путем ее поворота. Следовательно, теоретически одно тело можно разрезать на части A_1, A_2, A_3, ..., а другое — на части B_1, B_2, B_3, ... таким образом, чтобы соответственно части A_1 и B_1, A_2 и B_2 и т. д. были идентичными друг другу. В этом и заключается сущность парадокса Банаха—Тарского.

«Таким образом, — пишет Липоф, — мы можем взять две сплошные сферы, одна из которых вдвое больше другой, и разрезать их на части, так чтобы они были попарно конгруэнтны. Забудем о бóльшей сфере и рассмотрим меньшую. Предположим, что она сделана из золота. В принципе оказывается возможным разрезать ее на конечное число частей, которые затем можно снова собрать в сферу вдвое большего размера».

Здесь нет никакого мошенничества, хотя, конечно, под невинным словом «части» подразумеваются объекты с определенными топологическими свойствами. Во-первых, эти объекты совсем не обязательно просты по форме или даже состоят из связных фрагментов. Некоторые фрагменты одной части могут быть сколь угодно близкими друг к другу, но фактически не соприкасаться. Более того, эти части невозможно точно измерить каким-либо способом. Например, трудно даже представить себе, каким образом можно измерить их объем и как бы они выглядели на самом деле. По выражению Липофа, «они ни на что не похожи. По сравнению с ними даже фракталы выглядят простыми танграммами».

Парадокс Банаха—Тарского справедлив в своей наиболее общей формулировке лишь для пространства трех и более измерений. Однако существуют аналогичные теоремы, иллюстрирующие существо парадокса в пространствах более низкой размерности. Одним из примеров этого явления может служить одномерное «пространство», состоящее из всех целых чисел, поскольку подмножество из всех четных чисел представляет одновременно и половину множества, и само множество. Это подмножество является половиной множества всех целых чисел в том смысле, что каждый второй элемент множества принадлежит подмножеству. Однако простое преобразование — деление каждого элемента подмножества на 2 — превращает четные числа в множество всех целых чисел; множество и его подмножество имеют один и тот же размер.

Большинство людей не считают этот факт чем-то примечательным, потому что размеры как самого множества, так и его подмножества бесконечны. В конце концов, бесконечность, поделенная на 2, остается все же бесконечностью. Гораздо интереснее было бы найти некое конечное множество, которое можно было бы разложить на «парадоксальные» части, но, согласно теории, это невозможно, по крайней мере, если ограничиться одномерными пространствами. То же самое относится и к евкли-



Две проекции гиперболического пространства (вверху) *на круги* (внизу). *Красная часть одновременно есть и половина, и третья часть гиперболического пространства*

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

довым пространствам с двумя измерениями, или «плоским» поверхностям. Однако это оказывается возможным в некоторых неевклидовых двумерных пространствах.

Полное объяснение этого явления выходит за рамки настоящей статьи, однако я могу дать читателям некоторое представление о его парадоксальной природе, спроектировав экзотический мир двумерного гиперболического пространства на обычный евклидов круг, как показано на рисунке на с. 79. В верхней части рисунка изображено гиперболическое пространство, занимающее половину плоскости. Его геометрия неевклидова и кратчайшее расстояние между двумя его точками не является отрезком прямой линии, соединяющей эти точки, а определяется полуокружностью. На этом рисунке гиперболическое пространство расчленено на «треугольные» области, размеры которых постепенно уменьшаются в направлении нижнего края пространства. Эти треугольники образуют основу для парадоксального разложения пространства на три части, окрашенные в красный, синий и желтый цвета. Для математиков в данном контексте «часть» или «кусок» могут и не быть таковыми в полном смысле слова. Они могут состоять из бесконечного числа фрагментов треугольной или какой-нибудь другой формы.

Необычная природа этих трех составных частей проявляется с особой очевидностью, если рассматривать гиперболическое пространство через специальную математическую «замочную скважину», т. е. спроектировав пространство двумя различными способами на круг. Точка, обозначенная в гиперболическом пространстве как P, лежит в центре левого круга, а точка, обозначенная как I, лежит в центре правого круга.

Каждый круг, очевидно, обладает простой вращательной симметрией по отношению к трем частям. Рассмотрим красную часть на круге слева. Если представить себе, что круг повернулся вокруг оси, проходящей через его центр, на 120°, или на треть оборота, то мы увидим, что красная часть наложится точно — фрагмент на фрагмент — на синюю часть. Еще один поворот на 120° приведет к наложению красной части на желтую. Другими словами, эти три части конгруэнтны и вместе составляют все гиперболическое пространство.

Парадоксальная природа пространства становится очевидной, если обратить внимание на второй круг. Здесь мы видим, что та же самая красная часть оказывается конгруэнтной по отношению к двум другим частям как единому целому. Чтобы убедиться в этом, представьте себе, что красная часть повернулась на 180°, или на полоборота, вогруг оси, проходящей через центр круга. Красный объект в точности наложится на синий и желтый объекты, закрыв их оба. Таким образом, мы нашли часть двумерного гиперболического пространства (красная часть), которая одновременно оказалась равной и половине, и третьей части всего пространства.

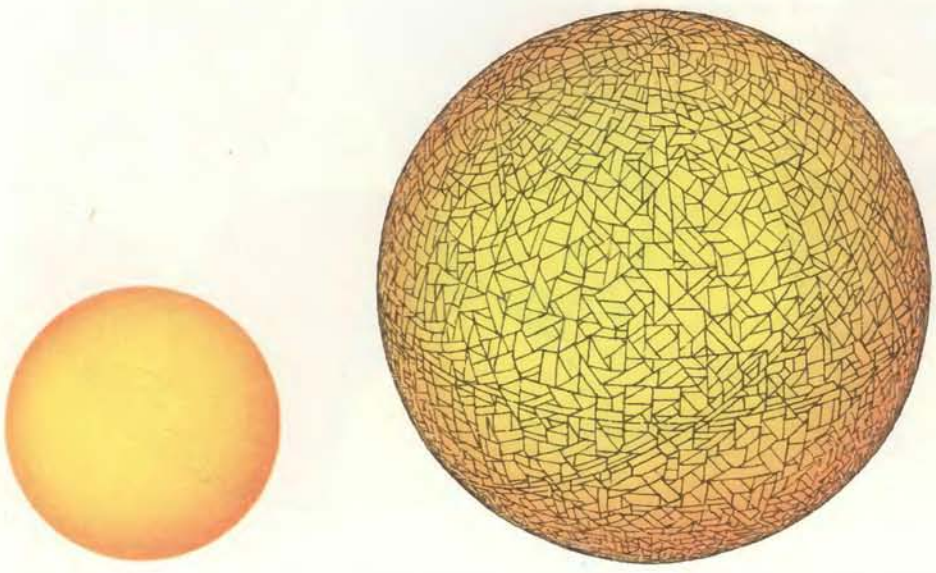
Смысл демонстрации этого примера, возможно, каким-то образом затерялся за математическими манипуляциями. «Ну и что? — спросит читатель. — Что тут особенного?» Дело же в том, что три множества, представленные закрашенными частями, абсолютно конгруэнтны друг другу в гиперболическом пространстве. Тот факт, что красная часть выглядит конгуэнтной одновременно половине и третьей части гиперболического пространства на одном круге, является результатом искажений, которым подвергается гиперболическое пространство при таком проектировании.

Однако для рассмотрения наиболее общей версии парадокса Банаха—Тарского не нужно прибегать к гиперболам или гиперболическим пространствам. В евклидовом трехмерном пространстве (описывающем физический мир, в котором мы живем) любые два тела, удовлетворяющие очень простым условиям, являются равноразложимыми. К сожалению, доказательство этого факта неконструктивно в том смысле, что оно не дает описания процедуры, с помощью которой можно было бы продемонстрировать равноразложимость двух неравных сплошных шаров.

Здесь я опять процитирую отрывок из письма Липофа: «Я потратил много лет на изучение парадокса Банаха—Тарского и связанную с ним теорию. Наиболее примечательным во всем этом мне показался неконструктивный характер доказательства для трех измерений. Хотя математикам известно, что теоретически сплошной шар можно разбить на конечное число частей и затем собрать из них другой сплошной шар вдвое большего размера, никто не имел ни малейшего представления, каким образом должны выглядеть эти части, потому что способ вырезания частей основан на том, что специалисты по теории множеств называют аксиомой выбора.

Эта аксиома была названа так потому, что она постулирует: для любого набора множеств, неважно насколько большого, существует способ выбрать элемент из каждого множества совокупности. На самом деле многие математики предпочитают не прибегать к помощи этой аксиомы, потому что она не дает никакой информации о способе, при помощи которого осуществляется выбор.

По этой причине никто не представлял себе, как на практике могут выглядеть части парадоксального разбиения до тех пор, пока я не занялся изучением этого вопроса. Мне удалось автоматизировать доказательство парадокса Банаха—Тарского. В доказательстве указывается, что второй (больший) шар можно собрать путем вращения частей первого шара в двух направлениях относительно его центра, подобно тому как мы это делали с гиперболическим пространством... С помощью этих поворотов каждая часть первого шара устанавливается на соответствующее место во втором шаре. При известных точках, составляющих каждую часть, и необходимых вращениях было относитель-



Исходный золотой шар (слева) *и его реконструкция* (справа), *выполненная Липофом*

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

но нетрудно восстановить процедуру, при помощи которой следует разрезать первый шар на части. Всякий раз, когда в ходе доказательства требовалось обращение к аксиоме выбора, я просто прибегал к помощи генератора случайных чисел в моем персональном компьютере и таким образом мог установить, каким множеством принадлежали те или иные точки шара.

Честно говоря, на протяжении всех этих исследований я и не подозревал, что приближаюсь к открытию машины, производящей материю. В конце концов, я ведь понимаю, что следует четко различать идеальные математические пространства и то физическое пространство, в котором мы живем. Но когда я завершил свою первую модель доказательства теоремы Банаха—Тарского, я понял, что располагаю чем-то вроде рецепта, с помощью которого можно удвоить размеры любого тела.

Мне пришла в голову мысль поэкспериментировать с реальным физическим веществом, но вначале на этом пути возникло препятствие. Размеры фрагментов, вычисленные моей программой, выражались числами с тройной машинной точностью, которая требовала чуть ли не того, чтобы я разрезал пополам отдельные атомы, изготовляя необходимые фрагменты! Кроме того, у меня вообще начали возникать сомнения, что я нахожусь в здравом уме: уже из-за самой идеи провести реальное разбиение сплошного шара у меня возникло ощущение, что я живу в каком-то сне.

Снова и снова я говорил себе, что это, конечно, невозможно, но, как оказалось, напрасно. Наконец настал момент, когда я уже не мог больше откладывать эксперимент. Взяв в банке значительную часть своих сбережений, чтобы купить 12 унций (примерно 340 г) золота, я попросил отлить его в виде шара и, купив маленькую пилу для ювелирных работ, начал вырезать из шара части, следуя рецепту своей программы. Здесь мне очень пригодилась вторая программа. Она точно указывала размеры и форму каждой части, а также подсказывала мне, куда должна быть помещена каждая часть во втором шаре.

Весь эксперимент, от начала до конца, продлился семь месяцев. Я работал по вечерам и в выходные дни. Закончив, наконец, вырезать части, я приступил к сборке второго шара, вдвое большего размера. Это была тонкая и утомительная работа. Я почти ослеп и страдал от головной боли, но не сдавался. Постепенно второй шар начал принимать свои очертания — но он не был гладким шаром. Отдельные части не прилегали друг к другу так плотно, как требовалось. Между фрагментами, которые я с такой тщательностью устанавливал по месту тонким пинцетом, возникали крошечные зазоры.

Наконец, еще через несколько недель шар был полностью собран. Я высылаю вам рисунок, показывающий структуру его поверхности [см. рисунок на с. 80]. Несмотря на то что ваши читатели увидят карту поверхности шара, секрет все же не будет раскрыт: поверхностная структура — это пустяки в сравнении со сложным внутренним расположением фрагментов, из которых собран шар. Во всяком случае, настоящий шар не был таким гладким и круглым, как на моем рисунке. Он получился неровным и шероховатым. Но с каким волнением я сжимал в руках мешочек, в котором лежал мой шар, когда я отправился к ювелиру. Конечно, окончательно результаты моей работы будут выявлены тогда, когда мой шар будет расплавлен и я узнаю, действительно ли получил в восемь раз больше золота, чем содержалось в исходном шаре.

На следующий день ювелир вручил мне слиток чистого золота весом 49,58 унций (около 1,4 кг). Это было меньше, чем я ожидал; видимо, эти зазоры все-таки сделали свое дело. Но все же в главном теперь не было никаких сомнений. Впервые в мире парадокс Банаха — Тарского получил практическое применение. В течение нескольких дней у меня кружилась голова при мысли о совершенном мною открытии. И сейчас я просто не знаю, что делать дальше».

После этого первого письма от Липофа не было никаких вестей в течение нескольких месяцев. Но как-то в ноябре прошлого года почтальон принес мне от него короткое письмецо, отправленное из одного южноамериканского государства:

«Вам, конечно, небезынтересно будет узнать, что я в некоторой степени автоматизировал процедуру получения больших золотых шаров из маленьких. На оставшуюся часть моих сбережений я организовал мастерскую в маленьком городке N. Здесь несколько моих надежных помощников собирают золотые шары. Рабочее помещение оборудовано компьютерами и столами, за которыми мои люди собирают шары. Теперь фрагменты не вырезаются, а сразу отливаются в нужной форме, а затем подвергаются механической обработке. По завершении процесса у нас всегда получается лишнее золото, которое мы опять пускаем в работу. В настоящее время мы производим около пяти фунтов золота в неделю «из ничего». Может быть, это и есть философский камень, о котором мечтали алхимики?

Скоро отсюда придется переезжать в другое место. Наверное, я вам больше не буду писать, это становится опасным. Простите меня, мой друг, но перед лицом такого потенциального богатства поневоле становишься мнительным. Нужно еще так много сделать... »

Больше я ничего не слышал о Липофе. Но в декабре прошлого года, чисто из любопытства, я начал следить за тем, как меняется день ото дня курс золота на бирже. На протяжении трех месяцев он медленно, но неуклонно падал. Возможно, это послужит окончательным доказательством для тех, кто считал парадокс Банаха—Тарского просто математической забавой.

Конечно, я проконсультировался и у других математиков по вопросам, связанным с этим парадоксом. Хочу выразить свою особую признательность Бруно У. Огенстейну из корпорации RAND в Санта-Монике (шт. Калифорния). Именно Огенстейн посоветовал мне воспользоваться гиперболическим пространством для иллюстрации парадоксальных свойств, присущих пространствам.

Несмотря на то что Огенстейн не верит утверждениям Липофа, он все же допускает, что между парадоксом Банаха—Тарского и реальным миром может существовать какая-то связь. В одной из научных статей Огенстейна, «Физика адронов и теория трансфинитных множеств», указывается на связь между физикой элементарных частиц и парадоксальными разложениями объектов в трехмерном пространстве. В статье предложены некоторые аналоги, из которых «непосредственно вытекают многие известные физические результаты, а также новые результаты, которые в принципе поддаются экспериментальной проверке. Цвет кварка и явление удержания кварка... получают непосредственное объяснение благодаря аналогиям с теоремами разложения». Среди наших читателей, наверное, найдутся не только алхимики, но и физики, которых заинтересует эта идея.

НАШЛОСЬ немало читателей, внимательно следящих за литературой в поисках замысловатых вычислительных задач, достойных их таланта. Две статьи, посвященные шифрам и опубликованные в последнем номере прошлого и первом номере нынешнего года, вызвали заметное оживление в их среде, особенно описание стандарта кодирования данных (СКД), приведенное во второй статье. Стандарт предусматривает порядок шифрования компьютерных

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

сообщений и используется не только промышленными и финансовыми учреждениями, но, возможно, и различными военными учреждениями. Процедура шифрования длинная и сложная, но именно в этом видит ее достоинство М. Роузинг из Дэриена (шт. Иллинойс). Не прибегая к программному обеспечению на языках высокого уровня, Роузинг пишет свои собственные программы на языке ассемблера 68000, машинном языке, команды которого понятны микропроцессору 68000.

Ничто, наверное, не доставляет такого удовольствия, как написать и опробировать программу (на языке любого уровня), которая обнаружила бы ошибки в опубликованных описаниях. Например, вход для таблицы перестановок P в модуле F был помечен неправильно, его ширина должна быть не 48 бит, а 32. Процедура декодирования также поставила ряд проблем перед Роузингом и другими читателями. Так, в обратном порядке должны подаваться не 64 бит исходного ключа, а 48-битные «подключи». Они должны подаваться в центральный блок, начиная с ключа 16 и кончая ключом 1.

Ч. Клюпфел из Блумфилда (шт. Нью-Джерси) заинтересовался вопросом, какие части стандарта СКД были произвольными. Например, должна ли таблица выбора битов E обязательно иметь описанную мною форму для того, чтобы можно было построить успешную систему кодирования данных? То же касается и таблиц подстановки. Ходят также слухи, что изобретатели стандарта СКД специально оставили «черные ходы» в некоторых частях системы кодирования, благодаря которым несколько упрощается задача расшифровки закодированных сообщений при неизвестном исходном ключе.

Д. Вулф из Санта-Мария (шт. Калифорния) написал несколько интересных программ на языке ассемблера для своего компьютера Amiga с микропроцессором 68000. Американские читатели, обладатели компьютера Amiga, могут заказать копии системы кодирования, основанной на принципе, который был применен в знаменитой машине Enigma (описание приведено в декабрьском номере журнала), или на алгоритме RSA (см. январский номер). Основное достоинство программных систем кодирования, написанных на языке ассемблера, заключается в их молниеносном быстродействии.

Еще один журнал, посвященный криптологии, "Cryptosystems Journal" был рекомендован мне Т. Пэтти из Берка (шт. Вирджиния), который сам редактирует и издает этот журнал. В ближайших его номерах Пэтти собирается описать современные криптологические системы, чтобы они стали доступными обладателям персональных компьютеров фирмы IBM и совместимых с ними моделей.

Наука и общество

Возрождение воробья

В 1987 г. 16 июня в шт. Флорида в зоологическом саду Диснейленда вблизи города Орландо умер последний темный береговой воробей. ДНК, выделенная из тканей этой птицы, поведала и хорошее, и плохое: с одной стороны, потеря, возможно, не так велика, как этого опасались, а с другой — предпринятые попытки спасти от исчезновения гены темного воробья, видимо, опирались на ложную родословную.

Темный береговой воробей обитал на Атлантическом побережье близ мыса Канаверал в соленых болотах графства Бревард шт. Флорида. В XIX в. эта птица из-за своей темной окраски была классифицирована как разновидность, отличная от других популяций береговых воробьев, встречающихся на побережье Атлантического океана и Мексиканского залива. В 50- и 60-е годы нашего столетия по мере осушения земель численность темного воробья сократилась, и к 1980 г. осталось всего шесть особей, причем все самцы.

В соответствии с Законом о сохранении исчезающих видов млекопитающих и птиц была проведена спасательная операция: пять из шести этих особей поймали и скрестили с береговыми воробьями из популяции побережья Мексиканского залива. Путем повторных скрещиваний исходных самцов с их собственными гибридными дочерьми сотрудники Флоридского университета и зоопарков в Гейнсвилле и Диснейленде создали популяцию, большинство генов в которой происходило из родительской популяции темного воробья. Птиц можно было выпустить на свободу для восстановления дикой популяции.

Дж. Авайз и У. Нелсон из Университета шт. Джорджия провели исследование на молекулярном уровне с целью выяснить, как далеко в эволюционном ряду темный воробей отстоит от других прибрежных воробьев. Они анализировали ДНК митохондрий (эти клеточные органеллы , имеют собственный генетический материал), выделенных из последнего темного воробья и из представителей других прибрежных воробьев, пойманных на побережье Мексиканского залива и Атлантического океана. Поскольку скорость эволюции митохондриальной ДНК велика (т. е. в нуклеотидной последовательности митохондриальной ДНК отделившихся друг от друга популяций быстро накапливаются различия), ее анализ служит очень чувствительным методом выявления родства.

ДНК каждой из птиц обработали рестрикционными эндонуклеазами (ферментами, расщепляющими ДНК в определенных местах нуклеотидной последовательности), рассортировали образовавшиеся фрагменты по размеру и сравнили полученные картины рестрикции. Различия между ними свидетельствовали о различиях в последовательности ДНК, обусловливающих появление нового или исчезновение прежнего сайта рестрикции.

По крайней мере по тем фрагментам ДНК, которые образуются в результате расщепления рестрикционными эндонуклеазами, темный воробей не отличался от большинства представителей популяций Атлантического побережья. А все птицы с берегов Мексиканского залива отличались от атлантических по 6—9 сайтам рестрикции. По мнению Авайза и Нелсона, обнаруженные генетические различия отражают длительную разобщенность популяций Атлантического побережья и берегов Мексиканского залива. По мнению других исследователей, скрещивание между двумя этими популяциями прекратилось еще несколько сот тысячелетий назад, когда в результате понижения уровня моря обнажился полуостров Флорида.

В статье, опубликованной в журнале "Science", авторы исследования предполагают, что если бы эти таксономические взаимоотношения прибрежных воробьев стали известны раньше, действия по восстановлению численности дикой популяции темного воробья были бы, очевидно, другими. Ясно, что не нужно тратить столько усилий на сохранение генофонда собственно темного воробья. Во всяком случае отловленных особей скрещивали бы не с птицами побережья Мексиканского залива, от которых они генетически далеки, а с практически идентичными соседями с Атлантического побережья.

Авайз вовсе не порицает имеющуюся программу восстановления темного воробья, а лишь указывает на более важный аспект, а именно, что проекты сохранения генофонда других исчезающих видов, может быть, то-